

Nonparametric Estimation of the Relationship between Energy Consumption and Economic Growth in Xinjiang

Kuerbanniyazi Gulisitan

School of Statistics and Information, Xinjiang University of Finance and Economics, Urumqi Xinjiang
Email: 594872071@qq.com

Received: Jul. 19th, 2017; accepted: Aug. 4th, 2017; published: Aug. 9th, 2017

Abstract

On the bases of data from 1990 to 2014, this paper makes an empirical analysis of the relationship between Xinjiang's energy consumption and GDP. We make empirical analysis with nonparametric local constants fitting method, and overcome the shortcoming of the traditional linear estimation method for energy consumption and GDP relationship. The result shows that nonparametric regression is superior to linear regression.

Keywords

Nonparametric Regression, Nonparametric Local Constants Estimation, Energy Consumption-GDP

新疆能源消耗与经济增长关系的非参数估计

古丽斯坦·库尔班尼牙孜

新疆财经大学统计与信息学院, 新疆 乌鲁木齐
Email: 594872071@qq.com

收稿日期: 2017年7月19日; 录用日期: 2017年8月4日; 发布日期: 2017年8月9日

摘要

本文采用1990~2014年的年度数据,对新疆的能源消费与GDP之间的关系进行了实证分析。应用非参数回归模型的局部常数拟合方法对新疆能源消耗与GDP的关系进行了拟合,克服了经典回归模型研究新疆能源消耗与经济增长关系的不足,实证结果表明,相对于线性回归模型,非参数回归方法更能有效地拟

合能源消费与GDP之间的关系。

关键词

非参数回归, 局部常数拟合方法, 能源消费-GDP

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

能源是人类生存和社会发展所必需的生产要素, 任何国家经济的发展都需要能源作为支撑, 能源的稀缺程度不仅直接影响着国民经济的发展, 也对世界经济交流以及一国人民的基本生活维持有重大关联。20 世纪 70 年代爆发的两次石油危机, 严重影响了世界经济, 能源的重要性开始凸显, 世界各国政府都根据各自国家的具体情况制定了相应的能源战略, 能源消费与经济增长关系成为经济学界的热点问题, 越来越多的国内外学者开始投身于能源方面的研究。1969 年美国计量经济学家格兰杰提出了因果关系分析方法, 成为了分析能源消费与经济增长两者关系的一种重要检验方法。最早对能源消费与经济增长关系进行研究的是 J. Kraft 和 A. Kraft (1978) [1], 他们对美国 1947~1974 年间的能源消费总量与经济增长的相关数据进行了实证分析, 发现美国 GNP 与能源消费之间存在着显著的从 GNP 到能源消费量的单向因果关系。李晓嘉等(2009) [2]利用协整分析和状态空间模型估计对中国经济增长与能源消费关系进行了实证研究, 结果表明两者之间存在长期的均衡关系。林小娟(2011) [3]通过对中国 1978~2010 年的能源消费和 GDP 数据进行单位根检验、协整检验、格兰杰因果检验等分析, 发现中国 GDP 和能源消费数据是一阶单整的, 存在协整关系, 并表现为从经济增长到能源消费的单向因果关系。王少芬(2013) [4]采用 1980-2011 年的年度数据, 对我国能源消费与 GDP 之间的关系进行了实证分析。通过线性回归模型、引入虚拟变量的非线性回归模型以及非参数回归方法对能源消费与 GDP 关系进行了拟合分析。从拟合效果来看, 相对于线性回归模型, 引入虚拟变量的非线性回归模型以及非参数回归方法更能有效地拟合能源消费与 GDP 之间的关系, 最后提出相应政策建议。

新疆地区资源储量极为丰富, 是我国的能源大省, 也是能源消费大省。在新疆经济日益发展的今天, 新疆的能源消费量也在不断地增加。新疆的能源消费总量由 1990 年的 1924.4 万吨标准煤增加到 2014 年的 14926.1 万吨标准煤, 25 年增长了约 7.76 倍, 年平均增长速度为 8.24%。2015 年国家“十三五”能源规划思路已经明确, 到 2020 年我国将基本形成“五基两带”能源开发布局, 新疆作为我国能源大省, 是五个重点能源基地之一、这个进一步确定了新疆作为国家重点能源基地建设的战略部署。目前, 新疆正处于工业化的初期阶段中期, 能源消费和需求将持续保持高速增长态势; 加上长期以来形成的经济结构不合理及能源使用率低等问题, 新疆 GDP 的增长过度依赖能源消耗, 而且这一矛盾日益显著。能源消费量高, 能源使用效率低, 环境污染严重, 生态环境失衡的等已成为制约新疆经济持续快速健康发展的关键问题之一。因此, 探讨新疆能源消费与 GDP 之间的密切关系具有十分重要的现实意义。

从我国国内学者对新疆的研究成果不难看出, 都是对新疆能源消费与经济增长之间的因果关系研究, 关于新疆能源消费与经济增长的定量关系实证研究比较少见, 本文使用非参数回归方法来研究新疆能源消费量与 GDP 之间的关系, 通过应用 R 软件对数据进行统计分析, 给出有关非参数回归的计算, 揭示新

疆能源消费与经济增长的关系，为政府部门制定能源决策提供有价值的理论依据。

2. 非参数回归模型的建立及估计

非参数回归模型是近 20 年来现代统计学发展的一个重要方向。非参数回归模型与参数回归模型不同，由于非参数回归模型不假定回归函数的具体形式而增加了模型的灵活性和适应性，在用观测数据拟合回归函数的过程中，能更充分地体现让数据自身说话的特点，故非参数回归模型与经典回归模型相比具有更好的拟合效果。

最常用的一元非参数回归模型为：

$$Y = m(X) + \mu$$

其中随机变量 Y 为被解释变量， X 为解释变量， μ 是为随机误差项均值为零，满足 $E\mu = 0$ ， $Var(\mu) < +\infty$ 。

非参数回归模型的估计方法很多，可以分为 3 类：第 1 类是局部光滑方法，主要包含 Nadaraya-Watson 估计方法，Gasser-Muller 估计方法，局部多项式估计方法；第 2 类是正交级数方法，主要包含 Fourier 方法，小波方法；第 3 类是样条方法，主要包含多项式样条方法，光滑样条方法。

Nadaraya-Watson 估计方法有 Nadaraya 和 Watson (1964) 所独立引入的非参数回归模型的拟合方法。Nadaraya-Watson 估计方法的具体思想是对于任一 x_0 回归函数 $m(x)$ 在 x_0 点的 Nadaraya-Watson 估计为：

$$\hat{m}_{NM}(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n K_h(X_i - x_0) Y_i}{\sum_{i=1}^n K_h(X_i - x_0)} = \frac{\sum_{i=1}^n K\left(\frac{X_i - x_0}{h}\right) Y_i}{\sum_{i=1}^n K\left(\frac{X_i - x_0}{h}\right)}$$

其中 $h > 0$ 为光滑参数或窗宽。设 $K(t)$ 为给定的核函数，通常取为对称单峰的概率密度函数且满足

$$\lim_{t \rightarrow \infty} K(t) = 0, \quad \text{令 } K_h(t) = \frac{1}{h} K\left(\frac{t}{h}\right).$$

窗宽的选择

非参数回归中窗宽 h 的选择非常重要。对于 Nadaraya-Watson 估计的窗宽，一方面，窗宽越小，核估计的偏差越小，但同时核估计的方差会变大；另一方面，窗宽越大，则估计的方差会变小，但同时核估计的偏差却会增大。最常用的窗宽选择方法有交叉确认法与 AIC_c 准则。

本文采用交叉确认法(cross-validation-method)来确定最优窗宽，交叉确认法的具体过程如下[5]，对于给定的光滑参数 h ，去掉第 i 组观测值 (Y_i, X_i) ，用其余 $n-1$ 组数据在给定的 h 下用某种拟合方法求出回归函数 $m(X)$ 在 X_i 点的拟合值，记为

$$\widehat{Y}_{(-i)}(h) = \widehat{m}_{(-i)}(X_i)$$

依次对 $i = 1, 2, \dots, n$ ，执行上述的估计过程得 $\widehat{Y}_{(-1)}(h), \widehat{Y}_{(-2)}(h), \dots, \widehat{Y}_{(-n)}(h)$ ，令

$$CV(h) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \widehat{Y}_{(-i)}(h))^2$$

交叉确认法即选取 h ，使

$$CV(h_0) = \min_{h>0} CV(h)$$

3. 非参数回归模型的应用

本文主要分析 1990 年以来新疆能源消费与 GDP 之间的关系。以 GDP 为解释变量，记为 X ，能源消费总量作为被解释变量，记为 Y 。其中能源消费总量的单位为万吨标准煤，GDP 的单位为亿元。数据选取来源于新疆统计年鉴 1990~2014 年间新疆 GDP 和能源消费总量年度数据，共 25 个样本。这里能源消费总量根据统计年鉴上的定义包括原煤，天然气，水电，原有及其制成品，核电以及风电。数据变化趋势见以下的图 1 与图 2。

从图 1，图 2 来看，新疆在 1990 年到 2014 年期间能源消费量与 GDP 都在逐年增长。本文首先根据普通最小二乘法对新疆能源消费量与 GDP 建立线性回归模型，为：

$$\begin{aligned} Y &= 1624.83 + 1.37X \\ t &= (17.59) \quad (57.28) \\ R^2 &= 0.993 \quad DW = 0.87 \end{aligned}$$

该方程衡量了新疆能源消费量与 GDP 之间的数量关系。从回归估计的结果来看模型的可决系数为 0.993，说明所建模型整体上对样本数据拟合较好，拟合程度达到了 99%。回归系数的 t 统计量远大于临界值，说明经济增长对能源消费有显著影响， F 检验结果也明显显著，然而从图 3 的新疆能源消费与 GDP 线性拟合来看，模型的拟合效果较好，新疆能源消费与 GDP 之间可以说是线性关系。回归模型的 $DW = 0.87$ ，对于样本容量为 25，一个解释变量的模型，5% 的显著性水平，查 DW 统计表可知， $d_L = 1.288$ ， $d_U = 1.454$ ，模型中 $DW < d_L$ ，显然模型的随机误差项之间存在正自相关，这说明回归模型最小二乘法的基本假定并非都能满足，这影响线性回归模型的可靠性。为了克服线性回归模型的这个缺点，本文建立非参数回归模型来研究新疆能源消费与 GDP 的关系。

从样本数据的散点图可以看出，新疆能源消费是一个随着时间的变化而变化的时间序列，新疆能源消费与 GDP 在不同时期具有显著的差异，而非参数回归分析方法处理这类时变数据具有明显优势。利用 R 软件，对与新疆能源消费与经济增长之间的非参数回归模型进行拟合。对于新疆能源消费与 GDP 的数据，本文采用非参数回归模型的局部常数拟合方法，所采用的核函数为 Gauss 核函数，

$K(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}t^2\right)$ ，并通过交叉确认法，最终选择最优窗宽 $h = 206.25$ ，从而估计出不同年份的能源消费量。新疆能源消费与 GDP 非参数回归拟合如图 4 所示。其中散点为原始数据，实线为非参数拟合，从图形可以看出，实线对散点的拟合效果很好，非参数估计方法比线性回归估计方法更能有效地说明新疆的能源消费与 GDP 之间的关系。

从表 1 我们可以发现，与最小二乘法回归模型得到的能源消费量的拟合值相比，非参数回归模型得到的拟合值更接近实际值。因此，我们可以认为，非参数回归估计比最小二乘回归估计的精度更高。为便于更进一步说明，我们通过均方误差 MSE 再对两种方法进行比较。由表 2 看出，非参数回归模型的均方误差要小于最小二乘回归模型的均方误差。

$$MSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(y_i - \hat{y}_i \right)^2}$$

从上面的图 4 与表 1，以及均方误差来看，非参数回归模型的拟合效果比线性回归方法拟合效果好很多。另一方面，非参数回归模型的曲线斜率是不断变化的，这反映了能源消费在不同时期受 GDP 影响是不同的。新疆能源消费与 GDP 关系是上凸形状的曲线，这表明人均能源消费量随人 GDP 的增加而增加，并且增加的趋势是逐渐减缓的。

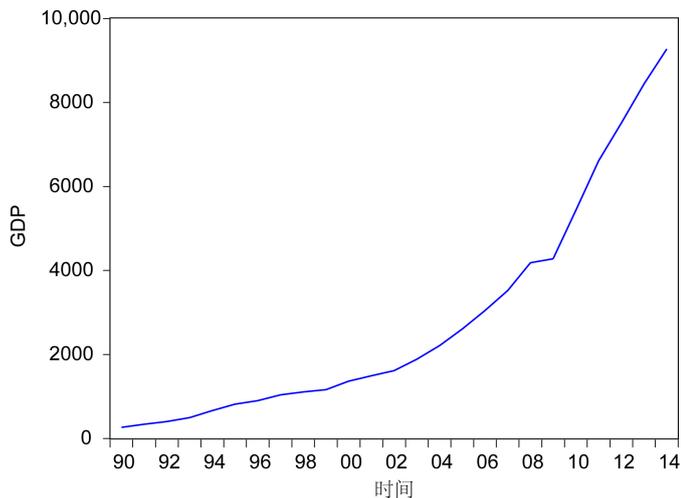


Figure 1. The change trend of GDP in Xinjiang

图 1. 新疆 GDP 的变化趋势图

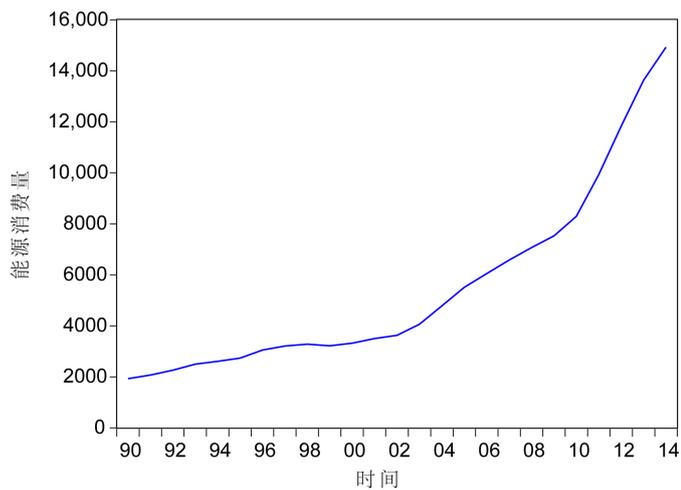


Figure 2. The change trend of energy consumption in Xinjiang

图 2. 新疆能源消费量的变化趋势图

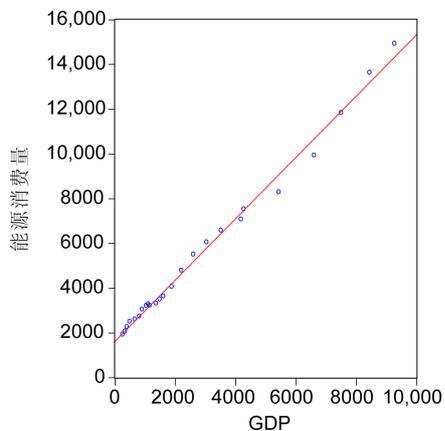


Figure 3. The linear fitting of energy consumption and GDP in Xinjiang

图 3. 新疆能源消费量与 GDP 的线性拟合图

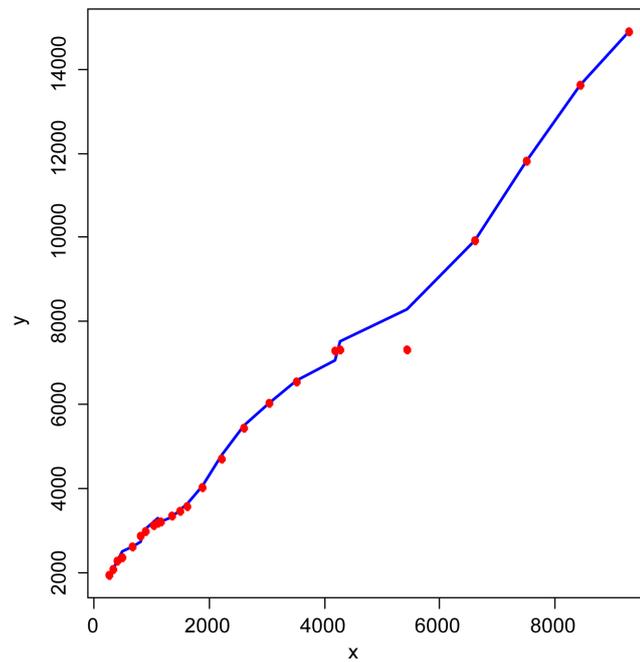


Figure 4. The nonparametric regression fitting of energy consumption and GDP in Xinjiang

图 4. 新疆能源消费与 GDP 非参数回归拟合

Table 1. The regression fitting result of energy consumption in Xinjiang

表 1. 新疆能源消费量的回归拟合结果

年份	实际值	最小二乘回归拟合值	非参数回归拟合值
1990	1924.4	1983.003	1926.697
1991	2071.4	2085.027	2076.799
1992	2260.8	2175.995	2270.356
1993	2497.0	2303.323	2367.835
1994	2605.7	2532.208	2616.428
1995	2733.0	2741.175	2866.389
1996	3045.2	2859.104	2983.190
1997	3208.2	3049.425	3124.548
1998	3279.8	3141.352	3177.170
1999	3215.0	3218.373	3217.191
2000	3316.0	3492.907	3361.526
2001	3496.4	3668.322	3465.974
2002	3622.4	3834.161	3581.844
2003	4064.4	4209.130	4016.434
2004	4784.8	4651.283	4705.106
2005	5506.5	5192.502	5456.097
2006	6047.3	5796.836	6030.908
2007	6575.9	6451.559	6546.152
2008	7069.4	7355.828	7283.484
2009	7525.6	7484.389	7308.810
2010	8290.2	9074.164	8290.200
2011	9926.5	10,680.599	9926.654
2012	11,831.6	11,907.105	11,831.503
2013	13,631.8	13,192.891	13,632.139
2014	14,926.1	14,329.470	14,925.703

Table 2. The MSE value of linear regression model and nonparametric regression model of energy consumption in Xinjiang
表 2. 线性回归模型和非参数回归模型的 MSE 值

	最小二乘回归模型	非参数回归模型
均方误差 MSE	301.69	81.47

4. 结论

目前,从新疆的实际情况来看,在西部大开发以来以及西部大开发战略的进一步推进和新一轮对口援疆政策的实施,新疆持续高速的经济增长,对能源的需求不断提高,已成为仅次于许多中部地区省份的能源消费大省,新疆能源生产和消费不仅对新疆的经济增长有战略性意义,而且对我国的能源储备也有一定的战略意义。本文运用非参数回归方法,探讨了新疆能源消费与 GDP 关系。它们之间的关系是非线性,如果运用线性回归方法来描述这种关系,尽管模型的可决系数很好,但不满足线性回归的随机误差项无自相关假定,结果模型拟合效果精度不高。在残差序列出现无自相关情况下,我们应用非参数回归方法构建模型,实证结果表明用非参数回归模型能有效地描述新疆能源消费与 GDP 的非线性关系,模型拟合效果很好,并且比较吻合实际情况,即基本趋势是一个大致上凸曲线,能源随 GDP 的增加而增加,与宏观经济规律相符。

参考文献 (References)

- [1] Kraft, J. and Kraft, A. (1978) On the Relationship between Energy and GNP. *Journal of Energy and Development*, 3, 410-403.
- [2] 李晓嘉, 刘鹏. 中国经济增长与能源消费关系的实证研究——基于协整分析和状态空间模型的估计[J]. 软科学, 2009(22): 51-59.
- [3] 林小娟. 能源消费与经济增长的实证分析[J]. 经济研究导刊, 2011(27): 12-13.
- [4] 王少芬. 中国能源消费与 GDP 关系的实证分析[J]. 经济问题, 2013(2): 38-41.
- [5] 梅长林, 王宁. 近代回归分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2011.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: sa@hanspub.org